

东明凹陷桥白地区地震地层综合解释

楼士毅 陈雪影 雷致富

(地质矿产部华北石油地质局)

东明凹陷位于华北盆地的中部，是以早第三纪沉积为主的断陷，现已建成中原油田，为我国近期加速油气资源勘探开发的重点地区之一。近年来以构造圈闭为主寻找油气藏的难度相应变大，为了不断扩大油气成果，在继续寻找各种构造油气藏的同时，需要尽快摸索一套以岩性圈闭为主的各类油气藏的普查勘探新方法。

一、地震相分析

在桥白地区的时间剖面上，一般可见9个特征反射波，根据它们的反射特征及接触关系，可以划分3个地震层序。其中，第二地震层序又可分为5个亚地震层序（表1）（图版Ⅱ）。

地震层序划分简表

表 1

地层系统		代号	特征反射波	接触关系	反射特征	地震层序	
第四系		Q			反射密集而稳定，连续性好，产状近于平行。	第1地震层序	
上第三系		N		~T ₀ ~ ~T ₁ ~ ~削蚀~			
下第三系	东营组	Ed			可见多个稳定而连续的反射波，自上而下表现为较密集—密集—较稀疏—密集—较稀疏五层结构。	第2地震层序	Ed亚地震层序
	沙河街组	一段	Es ¹	T ₂ —整—			Es ¹ 亚地震层序
		二段	Es ²	T ₃ —整—			Es ² 亚地震层序
		三段	Es ³	T ₄ —整—			Es ³ 亚地震层序
	四段	Es ⁴	T ₆ —整—	Es ⁴ 亚地震层序			
			T ₇ —~上超~				
前第三系		AuE			具强能量、多相位的反射波，但连续性较差。	第3地震层序	
			T _P — T ₉ —				

对陆相断陷盆地地震相的划分，国内尚无一套统一的划分原则。时间剖面上的反射信息较多，现选用信息差异容易识别又有着重要沉积含意的视振幅、反射丰度、连续性和内部结构等4个要素划定各类地震相。

1. 振幅类型地震相

该区地震相大多呈现平行型或亚平行型的“席状”结构，视振幅相对强弱，反映了不同岩性组合的相对均衡沉积。振幅类型属基本的地震相类型（图版Ⅲ2）。

视振幅的强弱表现为各地震道梯形黑斑的大小及两侧陡缓程度。以梯形黑斑范围超过1.5个地震道间距划为强振幅（图版Ⅲ2，I），时间剖面上呈“黑条带”；梯形黑斑范围为1~1.5个地震道间距者属中振幅（图版Ⅲ2，II），时间剖面上呈“黑斑带”，梯形黑斑形态基本完整又相互连结，梯形黑斑范围为0.5~1个地震道间距者属弱振幅（图版Ⅲ2，III），梯形黑斑形态完整，且顶部圆滑。

根据声波测井和少量密度测井资料，可求得东营组沙三段各岩层的波阻抗值和不同岩性界面的反射系数。其中，反射系数为0.16—0.35者一般对应着泥质岩与薄层的高速砂岩、碳酸盐岩、膏盐层的分界面，表明该区有效波基本是界面反射迭合的复波。因此，砂、泥岩的岩性差异及一些特殊岩类薄层的发育程度是造成视振幅差异的主要地质因素。

2. 丰度类型地震相

丰度类型可分上丰相和下丰相两种。东营组亚地震层序可见强振幅上丰相。视振幅强、连续性好的同相轴集中在亚地震层序上部（图版Ⅲ3）。对比邻近的白1、2井可知，东营组上部砂岩发育，单层厚度较大，自然电位曲线呈明显的“垛状”负异常，表明上丰相与砂岩分布相应。

3. 结构类型地震相

特殊的内部结构对应特殊的沉积相或岩体。眉状相多呈范围不大的强视振幅、多相位的“眉状”同相轴出现（图版Ⅲ4）。与钻井地质资料对比，沙一、沙二段亚地震层序的振幅眉状相均为辉绿岩反映。杂乱相则是视振幅弱、连续性差、同相轴产状多变（图版Ⅲ5），是砂质岩相对发育、粒级变粗的反映。

二、速度分析

桥白地区现有的速度谱是由模拟磁带地震资料采用迭加法计算得出。DE和DN测线上的谱点，点距均为240米。选择可靠的941个谱点，应用迪克斯公式取 $\Delta t = 50$ 毫秒等时间间隔的层速度， $\Delta H = 100$ 米等深度间隔的层速度及剩余层速度¹⁾计算，可得到 t_0 -V，H-V和H- ΔV 三种速度剖面。计算结果表明，各亚地震层序的速度，均方误差在200米/秒之内。据此，按250米/秒等值线间距勾制层速度和剩余层速度平面图。并综合速度谱、声波测井和钻井资料估算各地层组段的砂、泥岩百分含量。

影响层速度的地质因素主要是地层埋藏深度、岩性、地质年代、孔隙度及流体性质等。本文研究对象均属下第三系，地质年代的影响可以不计。

1) 剩余层速度是指经过正常压实校正，主要反映岩性差异引起的层速度差值。

1. 层速度与深度

由于岩层的压实作用，其速度值随着埋藏深度的增加而呈幂函数变化。应用 7 口井的声波时差曲线计算纯砂、纯泥速度量板，并求得该区综合的速度量板公式，即 $V_{\text{纯泥}} = 99H^{0.44}$ ， $V_{\text{纯泥}} = 113H^{0.44}$ （图1、2），反映了该区下第三系的压实特征。各亚地震层序的层速度随深度每增加100米时的平均变化梯度为65米/秒，相比而言，浅层比深层的梯度大，泥岩比砂岩的梯度大（表2）。

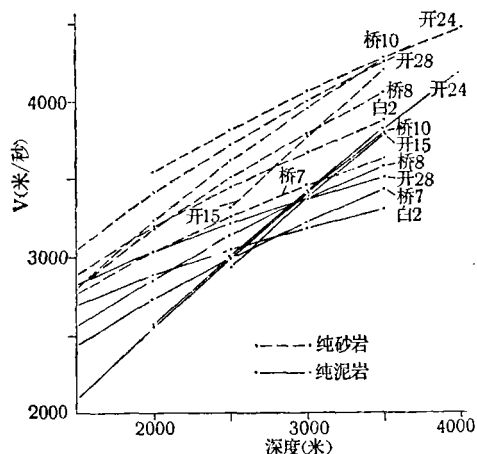


图1 纯砂、泥岩速度量板综合图

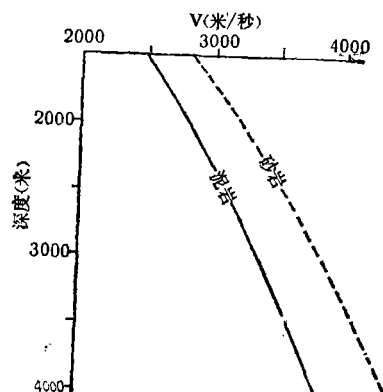


图2 桥白地区统一速度量板图

砂、泥岩层速度平均梯度简表

表 2

数值 井号	层位	泥岩平均梯度(米/秒)				砂岩平均梯度(米/秒)			
		Ed	Es ¹	Es ²	Es ³	Ed	Es ¹	Es ²	Es ³
开24		90.5	88.6	86.7	83.4	75.0	70.7	66.0	60.3
白 2		51.1	43.3	39.7	35.7	55.0	46.6	42.6	38.3
桥 8		57.9	51.2	47.8	43.7	65.0	57.8	53.7	49.3
桥10		92.0	85.3	82.3	78.7	75.0	66.0	62.0	57.0
平均		72.9	67.1	64.1	60.4	67.5	60.3	56.1	51.3

2. 层速度与岩性

由于多种因素的影响，层速度变化与岩性的对应关系比较复杂。该区下第三系各段砂、泥岩的层速度变化范围都较大（表3）。其中，除了深度的一定影响，还有岩层的含砂量、胶结物类型及其含量等因素。

通过开24，桥10、开19井的岩性，自然电位和层速度自动分层曲线的对比可知（图3）：

（1）东营组主要岩性是泥岩与粉、细砂岩、含砾砂岩互层。相当该组的速度层频繁交替，泥质岩的层速度一般为2400—2800米/秒，砂质岩的层速度大多为2800—3200米

砂、泥岩速度数据表

表 3

井号 变化范围 层位	砂岩速度 (米/秒)				泥岩速度 (米/秒)			
	开24	桥 8	桥10	白 2	开24	桥 8	桥10	白 2
东营组		2739~3389	2500~3508	2631~3278		2325~3278	2105~3571	2020~3174
沙一段	3226~3574	3125~3636	2857~3703	2941~3508	2137~3279	3333~3703	2222~3571	2380~3333
沙二段	3448~3846	3333~4000	2702~4000	3030~3703	2198~3333	2941~3703	2500~3636	2857~3448
沙三段	3704~4545	3333~4347	3508~4761	3333~4000	2564~3846	2857~3846	2702~4545	2564~3846

/秒。其底部可见一个速度偏高的小层，层速度为3100—3300米/秒，以桥10井典型。自然电位亦见相应的负异常，是该组底部砂岩的反映，开19井已变粗为砂砾岩。

(2) 沙一段主要岩性是泥岩夹粉、细砂岩。该段速度层呈阶梯状，逐级加大，以桥10井典型。层速度变化范围为3200—3600米/秒，是下部灰质含量增加和砂质岩增多的缘故。

(3) 沙二段岩性以泥岩为主，夹少量粉砂岩，个别井见含砾砂岩、砂砾岩。该段速度层一般为低速层，变化范围为2600—3200米/秒。下部又见层速度仅2700—3025米/秒的小层，桥10井厚15米，开24井厚50米，是泥质岩相对集中的反映。开19井因中、下部的砂砾岩增加，层速度由3200米/秒增至3800米/秒。

(4) 沙三段可分两个岩性亚段。上部为泥岩与粉砂岩、细砂岩略等厚互层，对应的速度层呈阶梯状，以开24、桥10井典型。层速度变化范围较大，约为3100—3900米/秒；下部以泥岩为主，夹粉砂岩及页岩、白云岩薄层。对应的速度层则是相对稳定的高速层。层速度可达4100—4200米/秒。

综上所述，桥白地区东营组~沙三段层速度异常，可归纳为以下三种基本类型：

第一种类型是构造高带上的低速异常和凹陷带中的高速异常。这类异常主要是由层速度随着埋藏深度的变化规律引起。它们的展布方向、范围、幅度等反映了该组段的区域展布特征。

第二种类型是构造高带上的高速异常。这类异常主要由地层的岩性组合相对变粗造成，包括砂质岩增多或粒级变粗。

第三种类型是凹陷带中的低速异常。这类异常主要是地层的岩性组合相对变细的反映，包括砂质岩减少或泥质含量增加。

三、沉积相划分及岩性预测的综合解释

陆相沉积的岩性、岩相变化一般较大，而且，模拟磁带地震资料的精度欠高，存在较多的假象，同一类型的地震相或速度异常可能对应不同的沉积相或岩体。因此，对于各种地震信息应该采用综合解释方法，才能比较确实地划分沉积相和预测岩性。

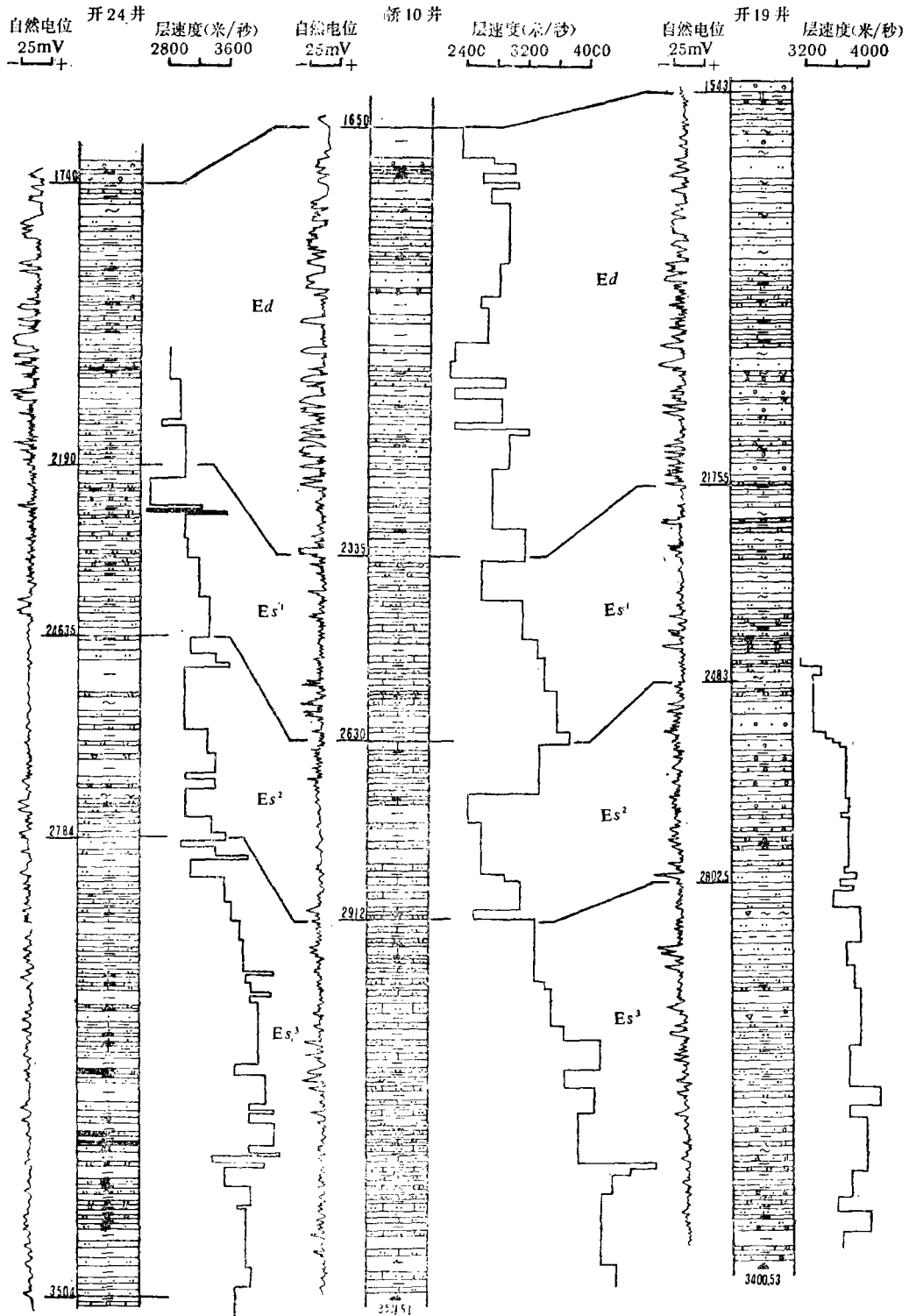


图3 开24、桥10、开19井岩性、速度对比图

桥白地区东邻菏泽凸起,夹持于聊兰、黄河两条大型断裂之间。区域构造格局为“两带夹一凹”,即东部为白庙断裂构造带,西部为桥口背斜构造带,中部为近南北-北北东向展布的浅凹。由于聊兰、黄河断裂在不同阶段活动的差异性,早第三纪沉积经历了湖泊相补偿与非补偿的多期交替。该区不同的基本沉积相类型,沙三段是半深湖泥岩相;沙二段是漫湖泥岩相;沙一段是浅湖砂泥岩相;东营组是泛滥平原相。

根据地震相和速度异常类型的分析,采用不同侧重点的综合解释方法对桥白地区东营组~沙三段划分出冲积扇相、扇前砂坪相、半深湖泥岩相、浅湖砂泥岩相、浅湖碳酸盐岩-砂泥岩相、漫湖泥岩相、泛滥平原相等7种、14个沉积相区,预测5个河道砂坝和1个重力流砂体及8个火成岩体。

1.地震相分析的综合解释

该区各类地震相与岩性变化有着一定的对应关系,具有直接指示岩相和岩体的意义。因此,可以根据某些特殊地震相的反射特征及展布规律作出沉积相及岩性的综合解释。以沙三、沙二段的冲积扇相为例:

该区沙三、沙二段剖面结构均属“东断西超”的箕状断陷型,靠近聊兰断裂一侧为陡坡带,该带的开19、白5井附近可见弱振幅杂乱相(图4、5)。DE测线上为视振幅弱、连续性差,同相轴产状多变的楔状分布;DN测线上则见明显的丘状外形。在层速度平面图上,该处又都是鼻状正异常。层速度值分别大于4000米/秒和4250米/秒(图6、7)。结合钻井资料的分析,这种古地理环境中的特殊地震相可以较确切地划为冲积扇相(图8、9)。

白2井附近虽然未见弱振幅杂乱相,但砂岩百分含量高、层速度及剩余层速度鼻状正异常明显,又处于同一陡坡带的古地理环境中,故亦可划为冲积扇相。

由此可见,该区发育有完整的冲积扇沉积体系,有着物源近、沉积厚、粒级粗、相带窄、相变快等重要特征。开19、白2井以东曾是该区主要的物源区。

2.速度分析的综合解释

层速度及其估算的砂岩百分含量,有着半定量和定量的含意。以速度分析为主的综合解释往往对预测大型砂体有较好效果。以沙三段重力流砂体和东营组河道砂坝为例:该区中部的沙三段半深湖泥岩相区,层速度一般为4000—4500米/秒,砂岩百分含量大多小于25%。而此相区西北部的牛口附近,层速度大于4500米/秒,有的可达4800~5000米/秒,剩余层速度平面图上是+250米/秒等值线圈闭的正异常,估算的砂岩百分含量高达50—75%(图10、11)。这些速度分析成果反映该处属半深湖相区中的高含砂带,范围可达5平方公里左右。牛口附近为中振幅较连续相区,表现视振幅中等、连续展布、丘状结构的同相轴异常,与四周的反射特征差异明显,应是局部砂岩富集的反映(图版Ⅲ6)。该处以西的开15、20、21井沙三段岩心资料中见到一套湖盆泥夹粗粉砂岩—细砂岩,底部有明显冲刷面,并有泥砾。CM图及概率曲线特征反映为密度流沉积。据此,牛口沙三段大型砂体应是重力流水道砂体。

该区东营组由泛滥平原相构成区域沉积背景,层速度异常平静。其中,可见一些范围不大的剩余层速度正异常和高含砂区,反映了岩性组合特征的一定变化(图12、13)。而且,它们对应强振幅连续相和振幅上丰相。开24、29、15井的砂岩百分含量可达48.2—50.9%。据此,推测是网状河交织发育的河心滩,即河道砂坝(图14)。

通过桥白地区地震地层学的综合解释,以及其它资料分析,对该区下第三系的沉积特征及含油气概况,有了新的认识。沙三段在本区厚度大、范围广、埋藏适中,具有有利的生油地化指标,应是该区主要的生油岩;以沙三段为主要油源的各类油气藏,应是该区扩大油气成果的勘探对象。在综合了该区油气特征及生储组合情况后,据速度与油气的关系和地震信息直接显示的试验,预测了3个有利油气聚集的岩相带和3个岩性、构造复合的良好含油气构造。在本区可望找到以岩性圈闭为主的油气藏。

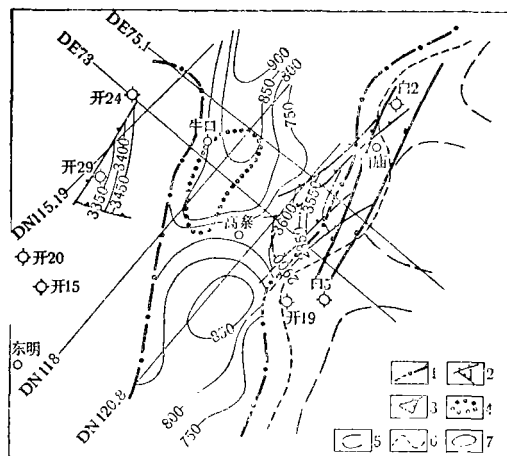


图18 桥白地区有利油气聚集带预测示意图

1. Es³生油凹陷边界线
2. 沙三段构造
3. 沙二段构造
4. 重力流砂体
5. 冲积扇边界
6. 冲积扇与扇前砂坪分界线
7. Es³等厚线

为了完善研究方法,提高经济效益,需要继续摸索陆相断陷盆地的地震相划分,逐步建立地震相与沉积相的转换模式;目前这套以迪克斯公式为基础的速度计算流程应该不断改进;应用各种测井成果,深入研究速度异常的鉴别和压实规律的变化,并把电性特征与地震相,速度异常分析较好结合起来;应选择振幅、亮点、三瞬剖面及碳氢检测等特殊处理,进一步探讨地震信息直接显示油气的关系。

(收稿日期:1983年7月6日)

参 考 文 献

- [1] C·E·佩顿编,地震地层学(在油气勘探中的应用),牛毓全、徐怀大等译,石油工业出版社,1980年。
- [2] 刘晨,浅谈地震相分析,《石油地球物理勘探》,1980年第五期。
- [3] 海洋石油勘探指挥部地质调查处,迭加速度分析及其在地震解释中的应用,石油地球物理勘探,1980年第2期。
- [4] 长春地质学院何起祥编,沉积岩和沉积矿床,地质出版社,1978年。

COMPREHENSIVE EXPLANATION OF SEISMIC
STRATIGRAPHY OF THE QIAOBAI AREA
IN THE DONGMIN DEPRESSION

Lou Shiyi Chen Xueying Lei Zhifu
(Petroleum Geology Bureau of North-China,
Ministry of Geology and Minerals)

Abstract

On the basis of seismic informations obtained from analogue magnetic tape, this article gives comprehensive explanation of the various seismic information and the results of drilling and logging in the Qiaobai district in Dongmin Depression. Examples are cited to demonstrate the foundation and methodology of explaining seismic facies analysis, velocity analysis and regional sedimentary facies analysis. New basis is provided for deepening the explanation of the seismic information obtained from analogue magnetic tape, for dividing the lower Tertiary sedimentary facies of this area and for predicting its lithofacies as well. The lithofacies zones favourable for oil and gas accumulation, local structures and the possible sites for planning drill are indicated in the article.

图版Ⅲ 楼士毅等：东明凹陷桥白地区地震地层综合解释

